

**Vergleichende experimentelle
Untersuchungen über die Elastizität und
Plastizität von Corpus und Cervix am
Kaninchenuterus**

Josef Brutscher

=

1961



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555225_0012

AUS DER I. FRAUENKLINIK UND HEBAMMENSCHULE
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. W. Bickenbach

**Vergleichende experimentelle
Untersuchungen über die Elastizität und
Plastizität von Corpus und Cervix am
Kaninchenuterus**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Josef Brutscher
aus Langenwang

München 1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. W. BICKENBACH

Dekan: Professor Dr. Dr. H. EYER

Tag der mündlichen Prüfung: 7.3.1961



Die auf rein morphologischer Betrachtungsweise beruhende und bis heute allgemein gültige Dreiteilung der menschlichen Gebärmutter in Corpus-, Cervix- und Isthmus uteri wurde 1906 von L. ASCHOFF (1; 2) vorgeschlagen. Er beendete damit einen über Jahrzehnte andauernden Streit über die Notwendigkeit, wie auch über die Art einer Unterteilung des Uterus. Ein besonderes Problem stellte dabei die Zuordnung des sogenannten Isthmus zu einem der beiden Uterusteile - Corpus oder Cervix - dar.

RUGE (11) verlegte, vom mikroskopischen Zustandsbild der Uterusschleimhaut ausgehend, den inneren Muttermund an die Grenze zwischen Cervikalschleimhaut und corpusähnlicher Schleimhaut, wobei er den Isthmus uteri als einen zum Corpus gehörenden Teil betrachtete. Im Gegensatz dazu stellte ASCHOFF (1; 2) fest, daß die makroskopische Unterteilung mit der von RUGE (11) gefundenen rein histologischen nicht übereinstimmt.

"Der Kliniker wird und muß alles das, was sich der Form nach als Hals teil darstellt, d. h. das Gebiet vom orificium externum cervicis uteri bis zur engsten Stelle der Uterushöhle, welche auch äußerlich durch eine leichte Einschnürung des Uterus, durch die Anheftungslinie des Peritoneum und durch die Eintrittszone der großen Gefäße ungefähr bestimmt ist und ungefähr der Mitte des jungfräulichen Uterus entspricht, als Cervix bezeichnen. An der oberen Grenze dieser Cervix liegt der innere Muttermund (orificium internum anatomicum)."

Demnach ist also der Isthmus, der sich in der Schwangerschaft zum sogenannten unteren Uterinsegment entfaltet, dem Halsteil des Uterus zuzurechnen. Der Übergang der corpusähnlichen Schleimhaut zur eigentlichen Mucosa der Cervix stellt die Grenze zwischen dem oberen Drittel (Isthmus) und den unteren zwei Dritteln (Cavum cervicis und Portio vaginalis) dar.

In systematischer Durchuntersuchung eines umfangreichen Materials gelang es u. a. H. STIEVE (13 - 17) die morphologische Struktur sowohl der Gebärmutter Schleimhaut, als auch der Uterusmuskulatur und deren Abhängigkeit von hormonellen Einflüssen weitgehend zu klären. Letzteres ist im Hinblick auf unsere Untersuchungen von besonderem Interesse.

Das vorherrschende Gewebeelement des Uterus ist die glatte Muskulatur. Die in der Cervix deutlich zu erkennende, reichliche Entwicklung des kollagenen und elastischen Bindegewebes tritt im Corpus uteri relativ zur Muskulatur fast ganz in den Hintergrund. In der Cervix findet sich ein derbes, verfilztes Netzwerk von hauptsächlich leimgebenden Bindegewebsfibrillen. Während der Schwangerschaft ändert sich dieses Bild sehr stark: Die kollagenen und elastischen Fibrillen werden länger, vermehren sich und nehmen infolge der serösen Durchtränkung leicht gewellte, lockig gebogene Formen an. Sie "liegen in Flüssigkeit", was ihre gegenseitige Verschieblichkeit gewährleisten soll. Weiterhin berichtet STIEVE (13 - 17),

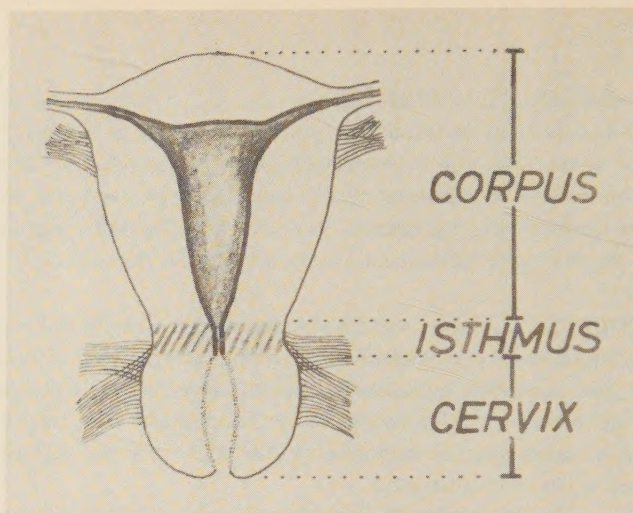


Abbildung 1

Schematische Darstellung der einzelnen Abschnitte des menschlichen Uterus.

daß sich in der Cervix des nichtschwangeren Uterus eine größere Menge glatter Muskelfasern nachweisen läßt, die sich aber in der Gravidität, zumindest in den inneren zwei Dritteln der Cervix, fast völlig zurückbilden. Demgegenüber sind zahlreiche Autoren der Ansicht, daß der innere Cervixabschnitt in und außerhalb der Schwangerschaft vorwiegend bindegewebig ist, während das äußere Drittel aus glatter Muskulatur besteht (MORALLER Fr. - HOEHL E. (9) u. a.). Dies konnte in jüngster Vergangenheit auch WAGNER H. (18) bestätigen. Außerdem nimmt letzterer auf Grund seiner Untersuchungen die Möglichkeit einer Dehnung der kollagenen Fasern - ein Vorgang, der von der klassischen Lehre der Undehnbarkeit des kollagenen Bindegewebes für unmöglich gehalten wurde - während der Eröffnung der Cervix uteri im Verlauf der Geburt als gesichert an.

Von der Gewebsstruktur der Cervix uteri unterscheidet sich die Histologie des Corpus uteri grundsätzlich. Das beim nichtschwangeren Uterus nur spärlich vorhandene Bindegewebe dient hauptsächlich als Gerüstsubstanz. Die bei der Schwangerschaft auftretende seröse Auflockerung desselben bedingt eine "Entfesselung der Muskelzellen". Letztere können sich um das Zehnfache verlängern und um das Drei- bis Vierfache verdicken (JOACHIMOVITS (6), KEIFFER (7), SÄNGER (12), STIEVE (13 - 17)). Außerdem kommt es in den ersten Monaten der Schwangerschaft zu einer Hyperplasie der Muskelzellen durch mitotische Zellteilung (MORALLER Fr. - HOEHL E. (9), FISCHER-WASELS-BÜNGELER (3), FRO-

BOESE (4; 5)) und durch Umbildung aus Histiozyten (JOACHIMOVITS (6), KEIFFER (8)).

Betrachtet man die drei eingangs erwähnten Abschnitte der Gebärmutter bezüglich ihrer Funktionen, so muß man den Aufgabenbereich der Mucosa von dem des Myometrium trennen:

Neben dem morphologischen Unterschied zwischen der Schleimhaut des Corpus uteri und der der Cervix uteri ergibt sich auch ein funktionsbedingter. Die Gebärmutterkörperschleimhaut dient letztlich allein dem Zweck der Eiaufnahme und der Fruchtheberbergung. Der Cervicalschleimhaut hingegen kommt ihrer örtlichen Gegebenheit zufolge eine geteilte Aufgabe zu. Während der dem Corpus uteri nahe gelegene Teil (Isthmus, Enge oder Zwischenstück genannt) sich bei der Nichtschwangeren dem cyclischen Auf- und Abbau der Corpusmucosa angleicht und während der Gravidität sich in Form des unteren Uterinsegments als unterster Teil an der Fruchthalterfunktion beteiligt, obliegt dem unteren Teil der Cervix die Aufgabe, den Fruchtraum zu verschließen und gegen aufsteigende Keime zu schützen.

Vom Gesichtspunkt der mechanischen Eigenschaften des Uterusgewebes aus betrachtet wird schließlich eine weitere Bedeutung der Unterteilung der Gebärmutter deutlich. Dies kann besonders gut am Verlauf einer Geburt gezeigt werden. Hier stellt das Corpus uteri mit seiner gesamten Muskelmasse den aktiven Anteil dar, Cervix- und Isthmus uteri aber, die im Verlauf der Eröffnungs- und Austreibungsperiode nur passiv gedehnt werden, fügen sich als Teile in den Weichteilschlauch des Geburtskanals ein. Die normale Eröffnung der Cervix uteri bei regelrechter Geburt wirft die naheliegende Frage auf, ob sich die mechanischen Eigenschaften des Cervixgewebes, Elastizität und Plastizität, von denen des Corpus unterscheiden. Eine Antwort auf diese Frage können nur vergleichende Untersuchungen über das elastische und plastische Verhalten von Cervix- und Corpusgewebe bringen.

Da die Aufgaben des Uterus während der Schwangerschaft, unter der Geburt und im nichtschwangeren Zustand nicht die gleichen sind, war es angezeigt, diese Untersuchungen in den verschiedenen Funktionszuständen oder ihren hormonellen Äquivalenten durchzuführen.

M E T H O D I K

Als Versuchspräparate dienten Muskelringe von Kaninchenuteri. Die Versuchstiere waren von verschiedener Rasse, das Alter und Gewicht differierten, jedoch waren alle verwendeten Tiere geschlechtsreif. Gewonnen wurden die Präparate durch Hysterektomia abdominalis oder durch Tötung des Tieres. Aus dem Schlauch des Corpus uteri wurde jeweils ein etwa fünf Millimeter breiter Ring abgeschnitten. Als Cervixpräparate dienten nur die frei in die Vagina ragenden Anteile (Portio vaginalis cervicis). Im Durchschnitt betrug das Gewicht der Cervixpräparate 70 - 75 % der Corpuspräparate.

Die Ausgangslänge der Versuchspräparate wurde mit Hilfe einer an einem Längs-
 hebel angeschlossenen Meßuhr, die eine bis zu $1/100$ mm genaue Ablesung zu-
 ließ, ermittelt. Sie zeigte bei den Normaltieren und den Kastraten nicht meßbare
 Unterschiede zwischen Corpus und Cervix ein und desselben Tieres; bei den mit
 Östradiol und Progesteron substituierten Kastraten ergaben sich nur so geringfügige
 Längenunterschiede, daß sie bei der Auswertung der Ergebnisse vernachlässigt wer-
 den konnten. Zu Beginn des Experimentes wurde sodann das Präparat solange iso-
 tonisch gedehnt, bis es praktisch keine bzw. nur mehr eine geringfügige plastische
 Verformbarkeit besaß. Dieser Zustand ließ sich dadurch erreichen, daß man den
 Corpus- bzw. Cervixring einem Dauerzug von 10 g über 25 Minuten aussetzte.
 Eine Tropfvorrichtung sorgte für eine konstante Berieselung des Präparates mit
 Fleisch'scher Nährlösung. Nach der isotonischen Dehnung wurde das Präparat ent-
 lastet und einer neuerlichen Längenmessung unterzogen. Daraus ergab sich die für
 die Auswertung der elastischen Experimente wichtige "plastische Länge". Diese
 Vorbereitungsmaßnahmen gaben, wie später zu zeigen sein wird, Hinweise für das
 plastische Verhalten des Gewebes.

Nun wurde das Präparat zur Messung des elastischen Verhaltens in iso-
 metrische Anordnung gebracht, wobei es im allgemeinen eine Spannung von 80 g
 ohne wesentlichen Verlust über längere Zeit hielt. Von hohem Spannungsniveau
 ausgehend, wurde der nach plötzlicher Entdehnung um immer dieselbe Längen-
 änderung Δl auftretende Spannungsverlust Δk auf verschieden hohen
 Spannungsniveaus registriert. Um eine möglichst große Anzahl von Einzelwerten
 zu erhalten, wurden stets drei kurz aufeinanderfolgende Entdehnungsserien vorge-
 nommen, wobei jede Serie etwa 6 - 10 Einzelmeßwerte umfaßt. Stellt man den
 Spannungsabfall Δk als Funktion der jeweiligen Ausgangsspannung k im Dia-
 gramm dar, so bekommt man eine annähernd lineare Kurve (Abb. 2), deren
 Steilheit Ausdruck des elastischen Verhaltens des betreffenden Präparates ist. Je
 steiler die Kurve verläuft, desto elastischer, je flacher sie gerichtet ist, desto
 unelastischer ist das Gewebe (Abb. 3).

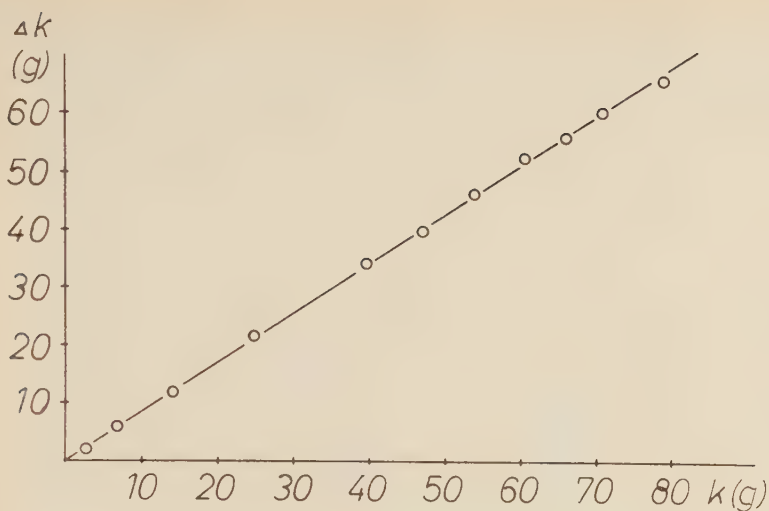


Abbildung 2

Darstellung des Spannungsabfalls Δk als Funktion der jeweiligen Ausgangsspannung k ("Elastizitätsdiagramm")

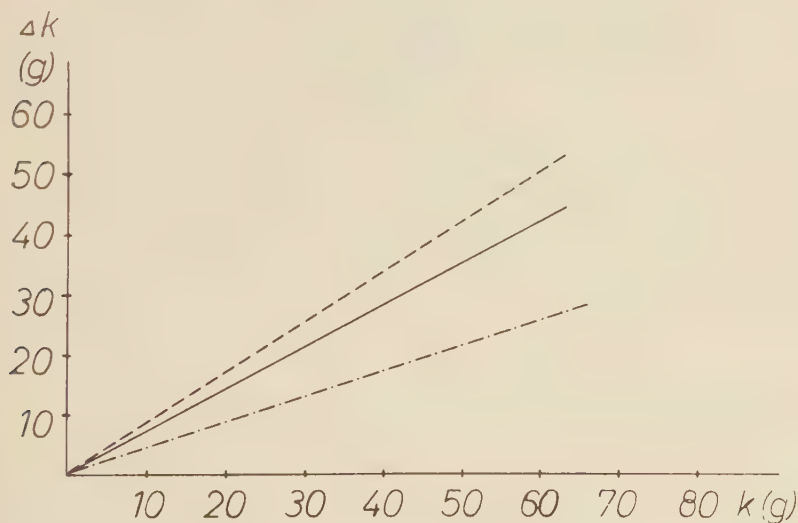


Abbildung 3

Jede der drei Kurven stellt den Durchschnittswert im elastischen Verhalten einer Versuchsgruppe dar: Kastraten (----), Normaltiere (—), Schwangere (-.-.-)

Länge und Spannung wurden optisch registriert. Kleine Spiegel an Blattfeder (Spannungsmesser) und Längenhebel warfen den Lichtstrahl von Spaltlampen zurück zur photographischen Aufzeichnung in ein Kymographion. Die Zeitschreibung erfolgte automatisch durch das Kymographion. Der Abstand der Spannungskurve vor der Entdehnung k_1 von der Spitze der Spannungszacke unmittelbar nach der plötzlichen Entdehnung k_2 ergibt den Spannungsabfall Δk (Abb. 4). Die Versuchsanordnung der elastischen Experimente ist auf Abbildung 5 dargestellt. Mittels Eichwerten kann man die mm-Meßwerte in g-Werte umrechnen.

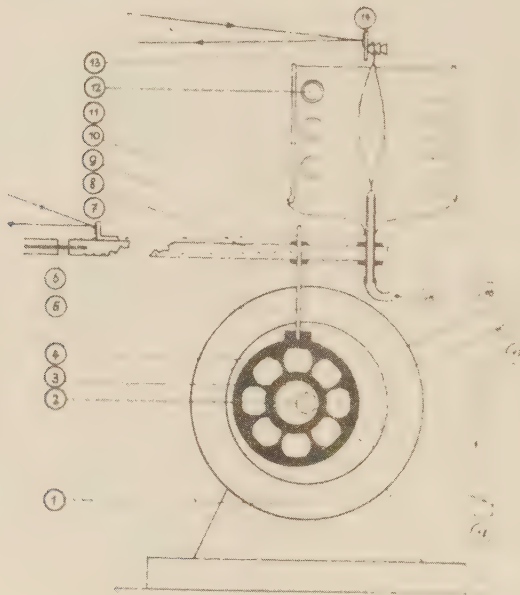


Abbildung 5

Schema der Versuchsanordnung (Nach Reichel, Zimmer, Bleichert)

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 Achsenlager | 10 Kondomgummi |
| 2 Achse | 11 Glaszylinder mit Ringerlösung |
| 3 Exzenter | 12 Heizschlangen gefüllt |
| 4 Kugellager | 13 Blattfeder als Spannungsschreiber |
| 5 Stahldraht | 14 Spiegel (Spannung) |
| 6 Blattfeder zur Fixierung des Längenhebels | 15 Sauerstoffzuführung |
| 7 Spiegel (Länge) | 16 Arretierungshebel |
| 8 Längenhebel | 17 Elektromagnetische Arretierung |
| 9 Stellschraube | 18 Anschlag |

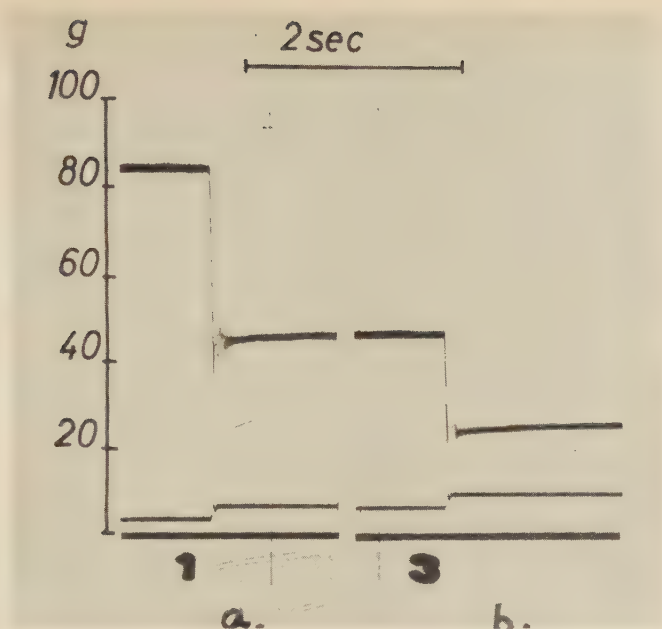


Abbildung 4

2 Originalkurven einer einmaligen plötzlichen Entdehnung. (Von oben nach unten) Spannungskurve mit Spannungsabfall Δk , Längenkurve mit Längenänderung Δl 0-Linie. Bei a. auf hohem Spannungsniveau mit großem Δk , bei b. auf niedrigerem Spannungsniveau mit kleinerem Δk .

Auf diese Weise wurde das Corpus- und Cervixgewebe von insgesamt 20 Kaninchen untersucht. 3 geschlechtsreife Tiere und 3 Kastraten dienten zum Studium der physiologischen Verhältnisse, die von früheren Experimenten bereits weitgehend bekannt waren (ZIMMER, KAHLHAMMER, CHIANCONE (19)). Die Kastraten kamen frühestens 14 Tage nach der Ovariectomie zum Experiment. Alle anderen Versuchstiere wurden zuerst ovariectomiert und 14 Tage danach mindestens 10 Tage lang mit Ovarialhormonen substituiert, ehe sie zum Experiment gelangten. Dabei kamen zwei verschiedene Hormone zur Anwendung:

2 Tieren wurden 10 Tage lang täglich je 10 γ Östradiolmonobenzoat intramuskulär injiziert, 2 weiteren 10 Tage lang tgl. je 15 γ und schließlich wurden 2 Tieren 10 Tage lang je 20 γ Östradiolmonobenzoat verabreicht.

Auf der anderen Seite wurden 8 Tieren nach vorausgehender Follikelhormonbehandlung (10 Tage lang je 10 γ Östradiolmonobenzoat) weitere 10 Tage tgl. je 5 γ Östradiolmonobenzoat + 2000 γ Progesteron gespritzt.

Die bei den Untersuchungen erhobenen Befunde lassen sich in drei Gruppen einteilen. Zunächst werden die makroskopischen Veränderungen an den Uteri der einzelnen Versuchsgruppen besprochen, danach die Meßeergebnisse der isotonischen Dehnung dargelegt und schließlich wird auf die elastischen Unterschiede zwischen Corpora und Cervices eingegangen.

Die Normaltiere besaßen einen paarig angelegten Uterus (Uterus duplex). Jedes der beiden Uterushörner hatte eine Länge von etwa 6 - 8 cm und einen Durchmesser von ca. 5 mm. In situ zeigten die Uterushörner einen geschlängelten Verlauf, bedingt durch die in gewissen Abständen aufeinanderfolgenden Raffungen der Parametrien. Sie lagen zum größten Teil intraperitoneal. Die beiden getrennt in die gemeinsame Vagina ragenden Cervices waren lediglich durch lockere Bindegewebszüge miteinander verbunden. An den Portiones, wie auch im hinteren Scheidengewölbe ließ sich eine zum Teil erhebliche Menge wasserklaren, stark fadenziehenden Schleimes nachweisen.

Dagegen stellten sich die Uteri der Kastraten atrophisch und anämisch blaß dar. Dieselbe Wirkung konnte man auch an den Scheiden und Parametrien beobachten. In jedem Fall ragte die Portio frei in die Vagina vor, wobei sich letztere an der Umschlagstelle zum Scheidenanteil der Cervix gut abgrenzen ließ. Das Lumen der Gebärmutter war entsprechend der allgemeinen Atrophie etwa stecknadelgroß. Im hinteren Scheidengewölbe fand sich kaum Schleim. Verglichen mit den Normaltieren waren die Uteri der Kastraten über die Hälfte kleiner.

Betrachtet man schließlich die Genitalien der hormonsubstituierten Kaninchen, so ergaben sich in allen Fällen im Vergleich mit den Normaltieren mehr oder minder charakteristische Veränderungen des ganzen Uterus, der Scheide und der Parametrien. Die etwa kleinfingerdicken Uteri der mit Östradiolmonobenzoat behandelten Tiere erschienen sehr flüssigkeitsreich und verquollen. Das gesamte Genitale zeigte eine auffallend starke Vaskularisation. Die Schleimentwicklung der in jedem Fall abgeflachten und schwammigen Portiones erwies sich als besonders ausgeprägt; bemerkenswert ist der "fließende" Übergang zur Scheide.

Die Genitale der Progesteron-substituierten Kastraten hingegen ließen durchwegs eine straffe Gliederung erkennen. An den Corpora fiel besonders das Dickenwachstum auf. Das parametrane Gewebe und die Vaginen waren gut durchblutet. Die Portiones ragten, scharf begrenzt gegen das Scheidengewölbe, weit in die Vagina vor. Hier zeigte sich eine mäßige Schleimentwicklung.

Die ringförmigen Corpus- und Cervixpräparate der Normaltiere und Kastraten hatten vor der isotonischen Dehnung praktisch gleiche Durchmesser, d. h. gleiche Ausgangslängen, während die Östradiol- wie auch die Progesteron-substituierten Kastraten im Durchschnitt eine unbedeutende Verlängerung der Cervix gegenüber dem jeweils zugehörigen Corpus aufwiesen. Nach Beendigung der isotonischen Dehnung ergaben sich allerdings in einzelnen Versuchsgruppen charakteristische, z. T. stark differierende Längenunterschiede zwischen Corpus und Cervix ein und desselben Uterus. Zum Vergleich der Corpus- und Cervixpräparaten-

längen nach der plastischen Dehnung wurde die Längendifferenz des Cervixpräparates zum Corpuspräparat in Prozent der Corpuspräparatenlängen ausgedrückt. So kann man im Schema übersichtlich zur Darstellung bringen, um wieviel Prozent die Cervix plastisch dehnbarer(+) oder weniger dehnbar(-) ist als das entsprechende Corpus uteri. Man sieht dann in Abb. 6, daß die isotonische Dehnung von Corpus und Cervix reifer Kaninchen unter gleichen Bedingungen zu praktisch derselben plastischen Verlängerung der Präparate führt. Die Längen der Cervixpräparate streuen innerhalb der 10%-Grenze um die der Corpuspräparate. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei kastrierten Tieren. Auch hier (Abb. 7) schwanken die Längen der Corpus- und Cervixvergleichspräparate nach gleicher Dehnung höchstens im Bereich der biologischen Streubreite.

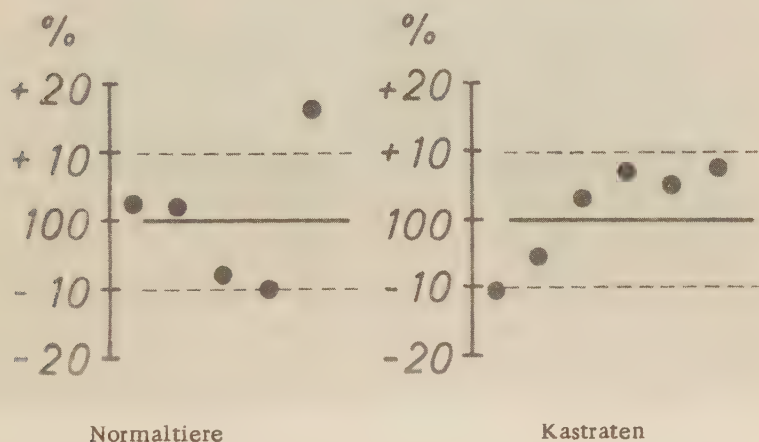


Abbildung 6, 7
Erklärung des Diagramms siehe Text (Seite 10)!

Bei Betrachtung der mit Östradiolmonobenzoat substituierten Kastraten stellt man dagegen fest, daß in fast allen Fällen die Cervix durch eine bestimmte Dehnung deutlich stärker plastisch ausgezogen wurde, als das Corpus (Abb. 8), während die Cervixpräparate der mit Progesteron behandelten Tiere dieselbe oder eher geringere plastische Verlängerung aufwiesen, als ihre zugehörigen Corpora (Abb. 9).

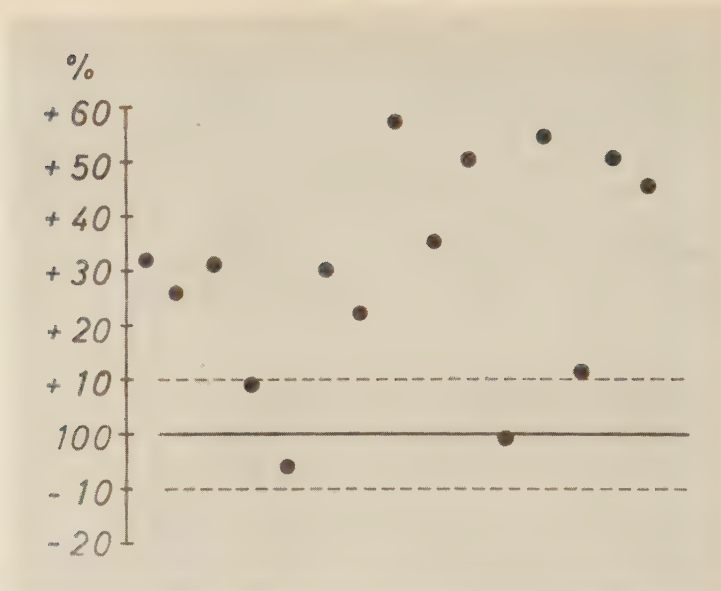


Abbildung 8

Längendifferenz der Cervixpräparate zu den dazugehörigen Corpuspräparaten in % der jeweiligen Corpuspräparatenlänge bei den "Östradioltieren"

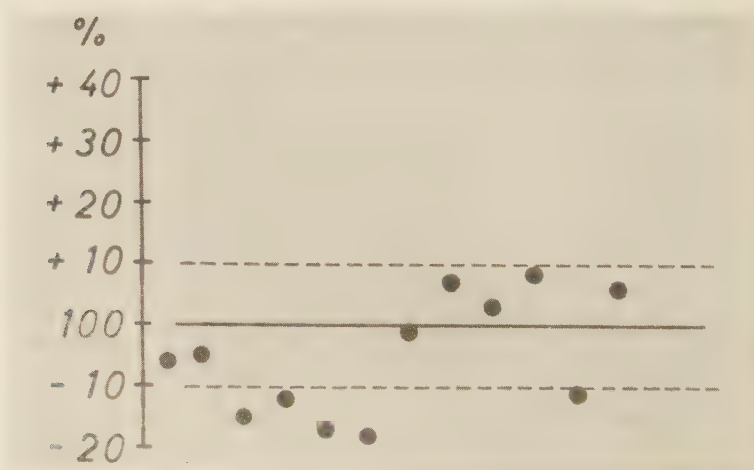


Abbildung 9

Längendifferenz der Cervixpräparate zu den dazugehörigen Corpuspräparaten in % der jeweiligen Corpuspräparatenlänge bei den "Progesterontieren"

Daraus ergibt sich in einer Tabelle zusammengefaßt folgendes Bild:

	Cervix gegenüber dem Corpus		
	über 10 % länger	gleich lang + - 10 %	über 10 % kürzer
Normaltiere	1	4	-
Kastraten	-	5	1
Östradioltiere	12	2	1
Progesterontiere	-	7	5

TABELLE 1

Bei der Untersuchung des elastischen Verhaltens eines Muskels ist der sich ergebende Spannungsabfall bei stets gleichbleibender Längenverkürzung, abgesehen von der Ausgangsspannung, auch von der Ausgangslänge abhängig. Um das elastische Verhalten von Corpus und Cervix vergleichen zu können, ist bei der von uns angewandten Methode eine annähernd gleiche Länge der Untersuchungspräparate notwendig. Da Corpus und Cervix ein und desselben Uterus nach der plastischen Dehnung, wie oben gezeigt wurde, nicht immer dieselbe Länge aufwiesen, mußten teilweise auch Präparate verschiedener Tiere der gleichen Versuchsgruppe mit derselben plastischen Länge miteinander verglichen werden. Am übersichtlichsten stellt man das elastische Verhalten der zu vergleichenden Corpus- und Cervixpräparate in einer Tabelle dar, in der man mit Hilfe von fünf Rubriken aufzeigt, wieviel Prozent elastischer oder weniger elastisch das Cervixpräparat gegenüber dem Corpuspräparat war. Man sieht aus Tabelle 2, daß ein deutlicher Unterschied zwischen Corpus- und Cervixelastizität nur bei den mit Progesteron substituierten Kastraten vorhanden ist. Hier war die Cervix in 15 von 18 Fällen elastischer als das Corpusvergleichspräparat, und zehnmal war der Unterschied größer als 10 %.

Cervix gegenüber dem Corpus

	über 10 % elastischer		gleich elastisch + - 0 %		über 10 % unelast.
	bis + 10 %	bis - 10 %	bis + 10 %	bis - 10 %	
Normaltiere	1	1	2	2	-
Kastraten	1	5	-	1	1
Östradioltiere	3	3	3	3	4
Progesterontiere	10	5	1	1	1

TABELLE 2

Errechnet man für die einzelnen Versuchsgruppen die "mittleren Elastizitätskurven" der Corpus- und Cervixpräparate, so zeigt sich, daß die Cervices der mit Progesteron substituierten Kastraten deutlich elastischer sind, als deren Corpora (Abb. 10).

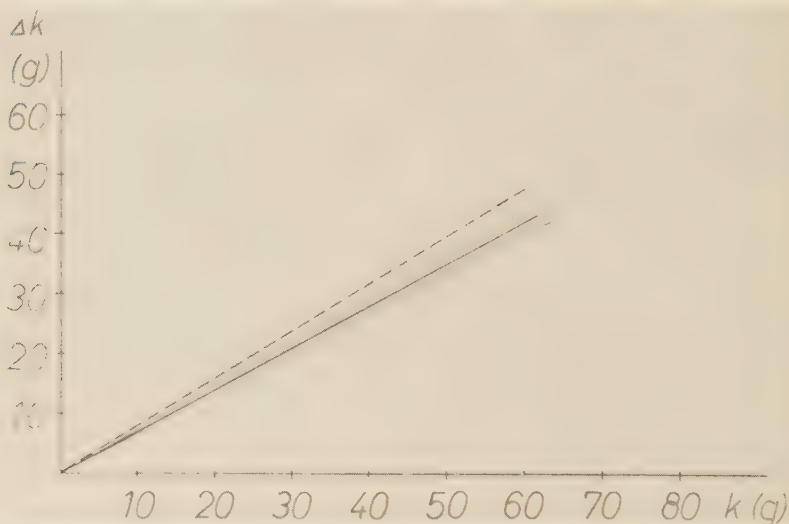


Abbildung 10

"Mittlere Elastizitätskurven" der Progesterontiere: Cervix (----), Corpus (—).
Schattierte Fläche = Streubereich von $\pm 5\%$.

Alle anderen Versuchsgruppen wiesen hinsichtlich des elastischen Verhaltens von Corpus und Cervix keinen Unterschied auf (Abb. 11, 12, 13). Die Cervixelastizität unterscheidet sich um durchschnittlich nicht mehr als 5 % von der des Corpus.

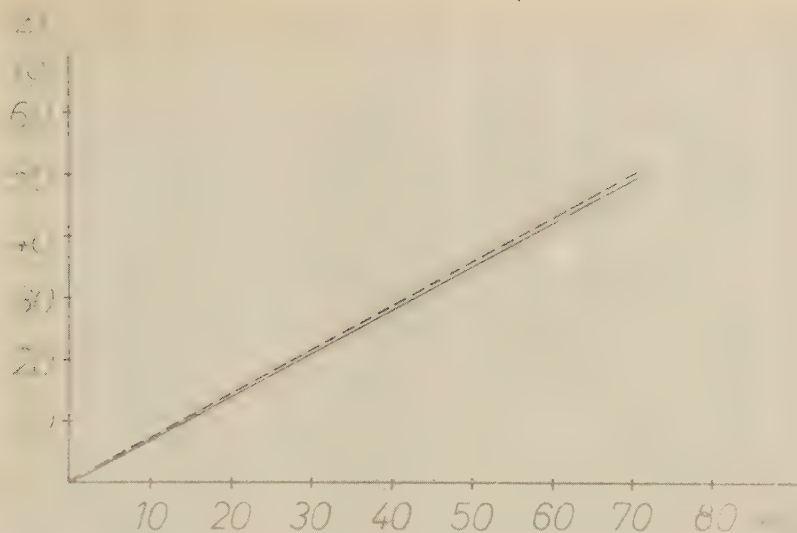


Abbildung 11

"Mittlere Elastizitätskurven" der Normaltiere: Cervix (----), Corpus (—),
schattierte Fläche = Streubereich von $\pm 5\%$.

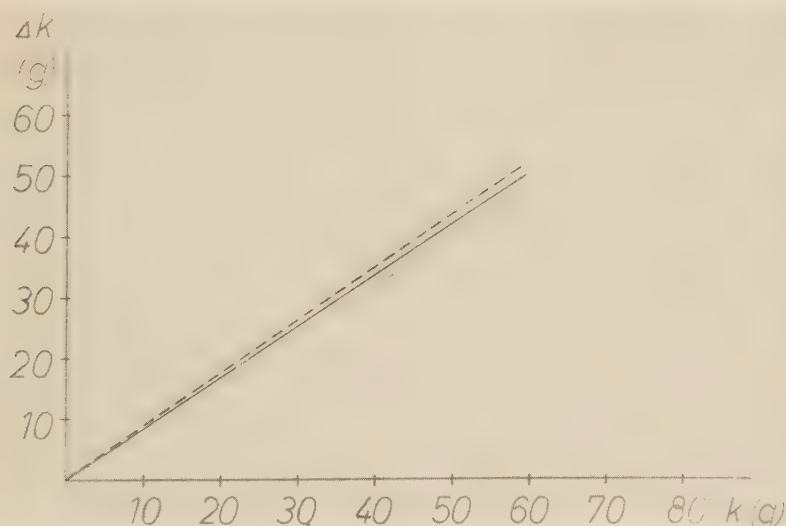


Abbildung 12

"Mittlere Elastizitätskurven" der Kastraten: Cervix (----), Corpus (—),
schattierte Fläche = Streubereich von $\pm 5\%$.

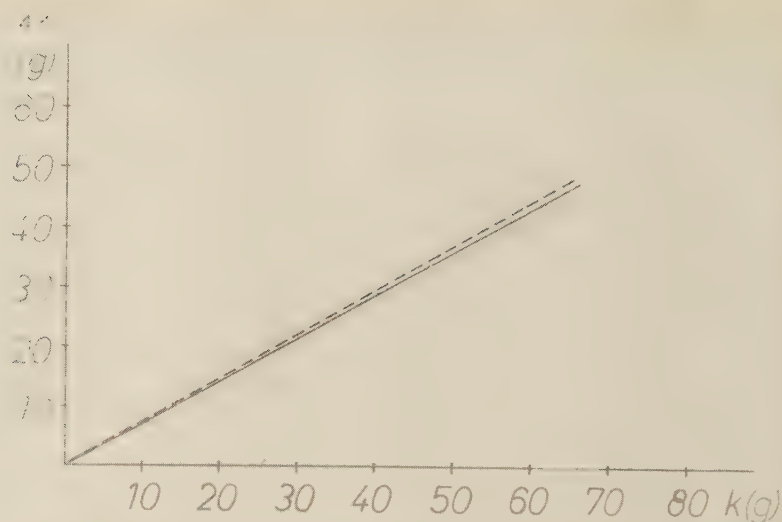


Abbildung 13

"Mittlere Elastizitätskurven" der Östradioltiere: Cervix (---), Corpus (—),
 schattierte Fläche ■ Streubereich von $\pm 5\%$.

Nicht nur das Endometrium ist in seinem zyklischen Formwandel dem Einfluß der Sexualhormone unterlegen, sondern in gleicher Weise erfährt das gesamte Genitale eine Beeinflussung durch die Ovarialhormone. Aus den beschriebenen Untersuchungen ergibt sich eine deutliche Abhängigkeit der äußeren Zustandsform vom Hormoneinfluß. Der Effekt der einzelnen Ovarialhormone ist ganz spezifisch in Bezug auf die Umwandlung der Gewebsstruktur des Uterus. Die Uteri der Normaltiere nehmen eine Mittelstellung zwischen Kastraten und hormonsubstituierten Tieren ein. Dies wird durch den sich physiologischerweise überlagernden Östradiol-Progesteron-Einfluß erklärt. Andererseits ist die Atrophie der Kastratenuteri zweifellos das Ergebnis einer völligen Isolation von jeglichem Geschlechtshormoneinfluß.

Eine enorme Auflockerung des Cervixgewebes und die dadurch bedingte unscharfe Begrenzung desselben gegen das Scheidengewölbe, sowie die starke Schleimabsonderung konnte in diesem Ausmaß nur bei den mit Östradiolmonobenzoat behandelten Tieren beobachtet werden. Demgegenüber war die straffe, gegen die Umschlagstelle zur Scheide scharf begrenzte und weit in die Vagina vorspringende Cervix mit der mäßigen Schleimentwicklung ein Charakteristikum für die Progesterontiere.

Dieses unterschiedliche Aussehen des inneren Genitale führt zwangsläufig zu der Frage, ob damit nicht auch eine Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Uterusgewebes verbunden ist. Unter mechanischen Eigenschaften versteht man das plastische und elastische Verhalten des Gewebes, das leicht mit Hilfe eines kleinen Experimentes erklärt werden kann (Siehe Abb. 14).

Wird ein Muskel mit einem bestimmten Gewicht belastet, so verändert er durch Dehnung seine Länge. Nach Aufheben der Belastung verkürzt sich der Muskel nicht mehr ganz bis zu seiner Ausgangslänge, sondern es bleibt eine gewisse Verlängerung bestehen. Während der erste Vorgang (Verlängerung des Muskels durch Belastung) auf Grund der elastischen und plastischen Eigenschaften des Muskels zustande kommt, ist die nach der passiven Dehnung entstehende Differenz zwischen Ausgangslänge und endgültiger Länge Ausdruck der plastischen Verformbarkeit (Plastizität) des Muskels.

Da nun die Ausgangslängen der sich jeweils entsprechenden Corpus- und Cervixpräparate praktisch immer gleich waren, geben die aus der isotonischen Dehnung resultierenden "plastischen Längen" einen Anhalt für das plastische Verhalten der beiden Uterusabschnitte. Dargestellt wurde in den Ergebnissen nur der hier interessierende relative Unterschied zwischen den sich entsprechenden Corpus- und Cervixpräparaten.

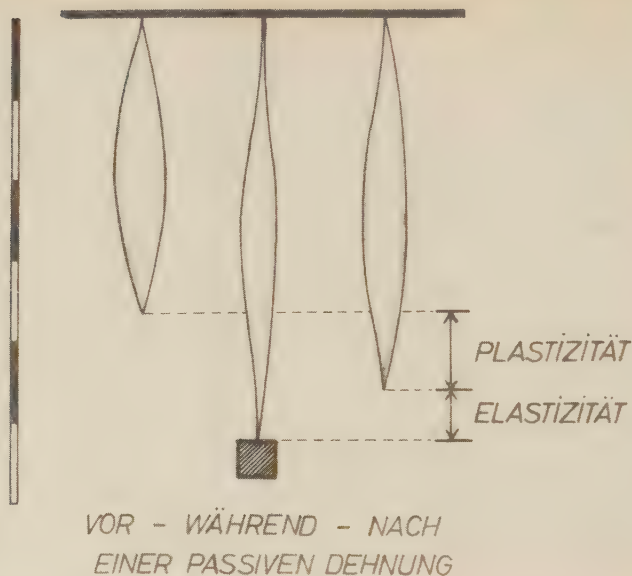


Abbildung 14

Schematische Darstellung der mechanischen Eigenschaften eines Muskels (nach F. ZIMMER)

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß bei den reifen und kastrierten Tieren keine Unterschiede in den plastischen Eigenschaften von Corpus und Cervix nachzuweisen sind. Dafür lassen sich verschiedene Gründe anführen:

Die Genitalien der Normaltiere sind, wie auch im Vaginalabstrich nachgewiesen wurde (ZIMMER, KAHLHAMMER, CHIANCONE (19)), ständig dem Einfluß eines Hormongemisches von Follikel- und Gelbkörperhormon ausgesetzt, wodurch die Wirkung eines der beiden Hormone isoliert nicht zur Geltung kommen kann. Bei den Kastraten hingegen wurde durch die Ovariectomie die Wirkung der Sexualhormone künstlich ausgeschaltet. Das Fehlen eines gerichteten Hormoneinflusses und die im Anschluß an die Kastration auftretende Atrophie des gesamten Genitale erklärt in diesem Fall das indifferente Verhalten der beiden Uterusabschnitte in Bezug auf die plastischen Eigenschaften.

Ganz anders jedoch liegen die Verhältnisse bei den mit Hormonen vorbehandelten Kastraten. Einen eindeutig unterschiedlichen Effekt hinsichtlich des plastischen Verhaltens von Corpus und Cervix weisen, wie die Ergebnisse zum Ausdruck bringen, nur die mit Östradiolmonobenzoat behandelten Tiere auf. Hier ergibt sich eine Verlängerung der Cervices gegenüber den entsprechenden Corpora

um durchschnittlich 34,5 %. Dies muß als klarer Hinweis dafür aufgefaßt werden, daß das Östradiolmonobenzoat, wenn es isoliert auf das Uterusgewebe wirkt, eine relative Erhöhung der Plastizität der Cervix im Vergleich zu der des Corpus zur Folge hat. Das Corpus-luteum-Hormon dagegen läßt einen eklatanten Wirkungsunterschied auf Corpus und Cervix nicht erkennen. Der Durchschnittswert der Cervixlängen liegt eher unterhalb dem der Corpuslängen. Ob dies ein Hinweis dafür ist, daß der Halsteil unter dem Progesteroneinfluß eher weniger plastisch wird als der Gebärmutterkörper, müßte durch eine große Zahl weiterer Experimente geklärt werden.

Bei den Untersuchungen des elastischen Verhaltens stellte sich heraus, daß auch hier nur eines der beiden applizierten Hormone einen deutlichen Effekt bewirkte. In diesem Falle war es jedoch das Progesteron, das das elastische Moment der Cervices gegenüber dem der Corpora eindeutig erhöhte. Hingegen war der Elastizitätsunterschied zwischen Corpus und Cervix bei den mit Östradiolmonobenzoat behandelten Kastraten nicht eindeutig zu Gunsten eines der beiden Anteile verschoben, d. h. es bestand eine gleichmäßige Beeinflussung der elastischen Eigenschaften der beiden Uterusabschnitte durch das Follikelhormon.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse muß man also eine unterschiedliche Wirkung der Ovarialhormone auf die mechanischen Eigenschaften von Corpus uteri einerseits und Cervix uteri andererseits annehmen. Die Angriffspunkte der beiden Eierstockhormone sind aber grundverschieden:

Während es unter dem Follikelhormon zu einem unterschiedlichen plastischen Verhalten von Corpus- und Cervixgewebe kommt, nämlich zu einer relativen Erhöhung der Plastizität der Cervix gegenüber dem Corpus, verändert sich unter dem Corpus-luteum-Hormoneinfluß die Elastizität der beiden Uterusabschnitte verschieden stark, und zwar so, daß es zu einer relativen Erhöhung der Elastizität der Cervix im Vergleich zu der des Corpus kommt.

Versucht man diese Beobachtungen in Beziehung zu den Aufgaben der Gebärmutter in der Schwangerschaft und während der Geburt zu setzen, so passen sie gut in unsere heutige Vorstellung von den Funktionen der einzelnen Uterusabschnitte. Während der Schwangerschaft und der Geburt spielen beide Ovarialhormone eine Rolle. Entscheidend für den mechanischen Zustand des Uterusgewebes ist das Überwiegen des einen oder anderen Hormons. Im Verlauf der Schwangerschaft dominiert das Progesteron. Dies führt zu einer Erhöhung der Elastizität der Cervix gegenüber der des Corpus. Die Cervix kann dann weniger leicht gedehnt werden als das Corpus, ein Vorgang der ganz den Aufgaben des Organs entspricht. Das Corpus uteri muß nachgeben können, um der immer größer werdenden Frucht genügend Platz zu bieten, ohne daß der intrauterine Druck gesteigert wird, während eine gleich starke elastische Veränderung im Bereich des Verschlußapparates unzweckmäßig wäre, da sie zu einer Beeinträchtigung der Haltefunktion der Cervix führt.

Ganz ähnlich sinnvoll wirkt sich die gegen Ende der Gravidität auftretende Hormon-Relationsänderung zu Gunsten der Östrogene auf die Plastizität des Uterusgewebes aus. Wie gezeigt werden konnte, nimmt dabei die Plastizität

der Cervix gegenüber der des Corpus deutlich zu. Die Cervix bereitet sich auf die "große Dehnung" in der Eröffnungs- und Austreibungsperiode vor. Im Vergleich dazu erscheint das Corpus plastisch weniger dehnbar, was zweifellos für die kontraktile Höchstleistung des "aktiven Anteils" des Uterus unter der Geburt von Bedeutung ist.

Die Untersuchungen zeigen, in welcher zweckmäßiger Art Ovarialhormone die mechanischen Eigenschaften von Cervix und Corpus unterschiedlich für ihre speziellen Aufgaben während der Gravidität und unter der Geburt vorbereiten.

ZUSAMMENFASSUNG

Durch experimentelle Untersuchungen wird festgestellt, daß sich die mechanischen Eigenschaften von Cervix- und Corpusgewebe von Kaninchenuteri unter dem Einfluß von Ovarialhormonen unterschiedlich verändern. Die Bedeutung für die Funktion des Uterus während der Schwangerschaft und unter der Geburt wird besprochen.

LITERATURNACHWEISE

1. Aschoff L. Das untere Uterinsegment
Z. f. Geb.hilfe u. Gynäk. LVIII, 2, 1906
2. Aschoff L. Über die Berechtigung und Notwendigkeit des Begriffs
Isthmus uteri
Verh. d. deutsch. path. Ges. 12, 1908
3. Fischer-Wasels-Büngeler
 Das Wachstum der Uterusmuskulatur
 Verh. d. deutsch. path. Ges. 26, 129, 1931
4. Froböse H. Beiträge zur mikroskopischen Anatomie des
 Kaninchenuterus
 Z. mikr.-anat. Forsch. 30, 295, 1932
5. Froböse H. Über die Beziehung zwischen Bindegewebe und Muskula-
 tur in der Wand der schwangeren Gebärmutter
 Z. Geb.hilfe 109, 31, 1934
6. Joachimovits R. Myoblasten im Uterus
 Arch. Gynäk. 135, 536, 1929
7. Keiffer H. De la maturation gravidique des fibres lisses de
 l'utérus humain
 Gynec. 29, 5, 1930
8. Keiffer H. De la maturation gravidique des fibres lisses de l'utérus
 humain
 Lec. Clin. Tarnier 7, 53, 1931
9. Moraller Fr. - Hoehl E.
 Atlas der normalen Histologie der weiblichen Geschlechts-
 organe
 Barth, Leipzig, 1912
10. Reichel H. - Zimmer F. - Bleichert A.
 Die elastischen Eigenschaften des Skelett- und Herz-
 muskels in verschiedenen Phasen der Einzelzuckung
 Z. f. Biol. 108, 3, 1956
11. Ruge K. Über die Contraction des Uterus in anatomischer und
 klinischer Beziehung
 Zb. f. Geb. u. Gyn. V, 149, 1880

12. Sänger M. Die Rückbildung der Muskularis des puerperalen Uterus
Beitr. z. Anat. u. Klin. Med., Leipzig, 134, 1887
13. Stieve H. ber Schwangerschaftsvernderungen des Halsteils der
menschlichen Gebärmutter
Verh. d. Anat. Ges. a. d. 36. Vers. in Kiel 51, 1927
14. Stieve H. Der Halsteil der menschlichen Gebärmutter, seine Ver-
Änderung während der Schwangerschaft, der Geburt und
des Wochenbettes und ihre Bedeutung.
Z. f. mikr.-anat. Forsch. 2, 291, 1927 a
15. Stieve H. Verschluss der schwangeren Gebärmutter und seine
Eröffnung unter der Geburt
Z. Gynäk. 52, 772, 1928
16. Stieve H. Die Enge der menschlichen Gebärmutter, ihre Verände-
rung während der Schwangerschaft, der Geburt und des
Wochenbettes und ihre Bedeutung
Z. f. mikr.-anat. Forsch. 14, 549, 1928 a
17. Stieve H. Muskulatur und Bindegewebe in der Wand der mensch-
lichen Gebärmutter außerhalb und während der Schwan-
gerschaft, während der Geburt und des Wochenbettes
Z. f. mikr.-anat. Forsch. 17, 3/4, 1929
18. Wagner H. Zur funktionellen Anatomie der Cervix uteri während
Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett
Habilitationsschrift, München, 1958
19. Zimmer F. - Kahlhammer E. - Chiancone R.
Die Dehnbarkeit von Uterusmuskulatur in verschiedenen
Funktionszuständen
Z. f. Biol. 110, 5/6, 1958

Meinen herzlichen Dank möchte ich Herrn Professor Dr. W. BICKENBACH für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. F. ZIMMER für die freundliche Unterstützung im Verlauf der Arbeit aussprechen.

LEBENS LAUF

Am 28. August 1935 in Langenwang geboren, besuchte ich von 1941 bis 1946 die dortige Volksschule. Danach wechselte ich an die Oberrealschule in Oberstdorf, an der ich 1954 die Reifeprüfung ablegte. Im Herbst 1954 begann ich an der Universität München das Studium der Medizin, legte im Frühjahr 1957 die ärztliche Vorprüfung ab und wandte mich danach dem klinischen Studium an derselben Universität zu. Am 31.5.1960 beendete ich in München das Staatsexamen.

